

Du matériau neuf au contaminant environnemental : devenir et écotoxicité des nanoplastiques et quantum dots chez une bryophyte

Contexte scientifique

Les nanoparticules issues des nouvelles technologies constituent une classe croissante de contaminants émergents. Parmi elles, les nanoplastiques (NP), issus notamment de la fragmentation des déchets plastiques, et les quantum dots (QD), utilisés pour leurs propriétés optoélectroniques, sont susceptibles d'être libérés dans l'environnement. Mais évaluer leurs impacts environnementaux ne peut pas se limiter à l'étude de matériaux nouvellement synthétisés. Sous l'effet de la lumière, de l'oxydation et des conditions physico-chimiques du milieu, les nanoparticules se transforment. Leur taille, leur chimie de surface, leur stabilité ou encore leur dissolution peuvent évoluer. Ce vieillissement environnemental est susceptible de modifier leur devenir, leur biodisponibilité et, in fine, leur toxicité. Comment passe-t-on alors d'un nanomatériau manufacturé à un contaminant environnemental ? Et quelles conséquences ces transformations ont-elles pour les organismes exposés ?

Les bryophytes constituent un modèle particulièrement intéressant pour répondre à ces questions. Dépourvues de véritables racines et directement dépendantes des échanges avec leur environnement pour leur alimentation en eau et en éléments minéraux, elles peuvent intercepter et accumuler les contaminants déposés à leur surface. Elles jouent par ailleurs un rôle écologique majeur dans de nombreux écosystèmes boréaux et arctiques.

Objectif du stage

Le stage visera à déterminer dans quelle mesure la nature et le vieillissement des nanoparticules contrôlent leur interaction avec une bryophyte et leurs effets biologiques.

Deux familles de nanoparticules aux propriétés physico-chimiques très contrastées seront étudiées :

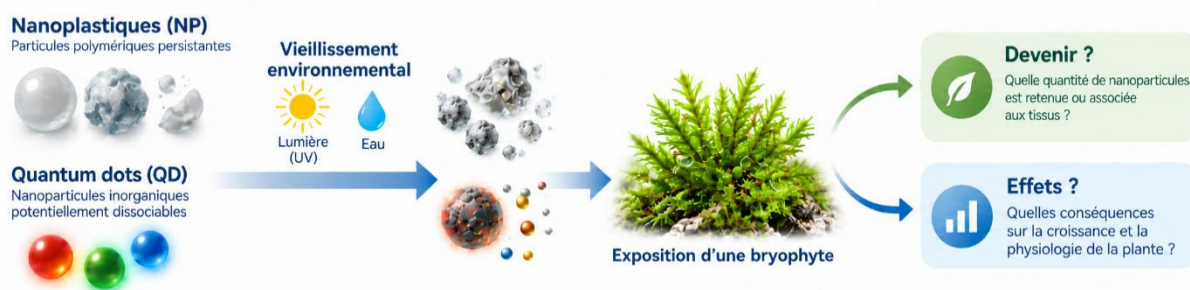
- des nanoplastiques, représentant des nanoparticules polymériques persistantes ;
- des quantum dots, représentant des nanoparticules inorganiques dont la stabilité et la dissolution peuvent évoluer au cours du vieillissement.

Pour chaque famille, un matériau pristine et un matériau vieilli seront comparés.

Le stage cherchera plus particulièrement à répondre à deux questions :

→ Le vieillissement modifie-t-il le devenir des nanoparticules et leur association avec les tissus de la mousse ?

→ Ces transformations modifient-elles leurs effets sur la croissance et la physiologie de la plante ?



Approche expérimentale

Le stage s'appuiera sur le développement d'un modèle expérimental utilisant une bryophyte adaptée aux écosystèmes nordiques. Le ou la stagiaire contribuera à son optimisation et réalisera des expositions aux différents nanomatériaux en conditions contrôlées.

Le devenir des nanoparticules sera étudié dans le milieu d'exposition et dans les tissus végétaux. Dans le cas des QD, une attention particulière sera portée à leur stabilité et à la distinction entre fraction particulaire et éléments dissous, afin d'évaluer le rôle de leurs transformations dans les effets observés. Selon la nature des matériaux, différentes approches analytiques seront mobilisées, notamment la Py-GC-MS (pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse) pour la quantification des nanoplastiques et l'ICP-MS pour la quantification des éléments constitutifs des quantum dots.

En parallèle, différentes réponses biologiques seront mesurées afin de caractériser les effets sublétaux des expositions : croissance, état photosynthétique et marqueurs de stress physiologique et/ou oxydatif.

Le/la stagiaire évoluera dans un environnement de recherche interdisciplinaire permettant de mobiliser les compétences et équipements nécessaires aux différentes étapes du projet.

Un projet à l'interface entre écotoxicologie et développement de nanomatériaux plus sûrs

Au-delà de la comparaison entre deux catégories de nanoparticules, ce projet vise à mieux comprendre comment les transformations environnementales contrôlent l'exposition et les effets des contaminants nanoparticulaires chez les végétaux. Le volet consacré aux QD s'inscrit notamment dans une démarche de développement de nanomatériaux plus sûrs (safer-by-design), visant à remplacer certaines formulations contenant des éléments fortement toxiques tout en conservant leurs propriétés fonctionnelles. Le volet consacré aux nanoplastiques permettra en parallèle d'étendre cette réflexion à des nanoparticules polymériques persistantes et de développer des approches analytiques adaptées à leur étude dans une matrice végétale.

À plus long terme, ce projet contribuera au développement de nouvelles approches permettant d'étudier les conséquences des contaminants émergents sur la végétation des écosystèmes nordiques et arctiques.

Profil recherché

Nous recherchons un·e étudiant·e de Master 2 ou d'école d'ingénieur ayant une formation en écotoxicologie, écologie, physiologie végétale, chimie environnementale ou sciences de l'environnement.

Un intérêt marqué pour le travail expérimental, l'analyse de données et les approches interdisciplinaires est essentiel. Une expérience préalable en culture végétale, écotoxicologie ou techniques analytiques constitue un atout, mais n'est pas indispensable. Autonomie, curiosité scientifique et prise d'initiative seront particulièrement appréciées.

Ce stage permettra au/à la candidat·e de développer des compétences à l'interface entre écotoxicologie, physiologie végétale et caractérisation des nanomatériaux, dans un environnement de recherche international et interdisciplinaire.

Conditions

Le stage sera basé à l'Université Laval, à Québec (Canada) pour une durée de 5 mois. Le/la stagiaire percevra la gratification réglementaire versée par le CNRS, calculée sur la base de 4,50 € par heure de présence effective. Une participation aux frais de déplacement entre la France et le Québec pourra être envisagée.

Candidature

Période du stage : à partir de janvier 2027

Les candidatures devront comprendre un CV et une lettre de motivation et être adressées à camille.larue@cnrs.fr avant le 01/10/2026 (afin d'anticiper les formalités administratives liées à la mobilité internationale)